

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 61-096674

(43)Date of publication of application : 15.05.1986

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

(21)Application number : 59-217575

(71)Applicant : KANSAI ELECTRIC POWER CO
INC:THE
FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 17.10.1984

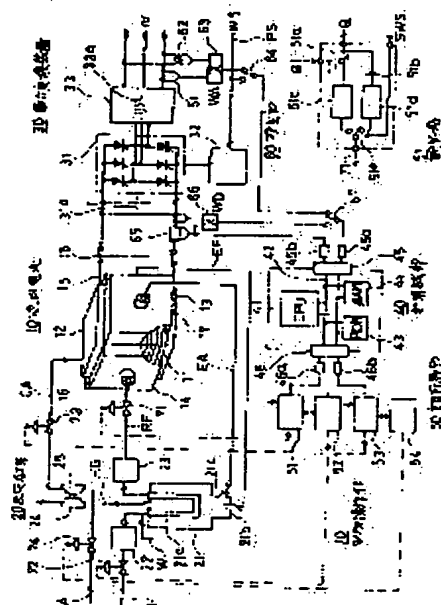
(72)Inventor : KAMITSUJI KIYOSHI
GOTO HEISHIRO

(54) CONTROL SYSTEM FOR POWER GENERATING APPARATUS WITH FUEL CELL

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable a power generating apparatus with a fuel cell to meet the demand of a sudden increase in electric power by constituting the apparatus such that it normally supplies the fuel cell with the amount of a reaction gas corresponding to a target current value and, on a sudden change in the power detected, the apparatus immediately supplies the cell with the amount of the reaction gas corresponding to a target value of supply amount.

CONSTITUTION: The current 65 outputted from a fuel cell 10 and the electric power 63 produced or to be produced by a power generating apparatus are detected, and from the value of the detected current the target amount of a reaction gas to be supplied by a reaction gas system 20 to the fuel cell and the target value of the current to be outputted from the fuel cell are both decided. Normally the amount of the reaction gas corresponding to the target current value is supplied to the fuel cell from the reaction gas system. On a sudden change in the power detected, the amount of the reaction gas corresponding to the target value of supply amount is immediately supplied to the fuel cell from the reaction gas system and, after the value of the detected current has agreed with the target current value, the amount of the reaction gas corresponding to the target current value is again supplied to the fuel cell from the reaction gas system. A delay in the supply of the reaction gas is thereby minimized.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-96674

⑤Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

④公開 昭和61年(1986)5月15日

H 01 M 8/04

P-7623-5H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全10頁)

⑭発明の名称 燃料電池発電設備の制御方式

⑮特 願 昭59-217575

⑯出 願 昭59(1984)10月17日

⑰発 明 者 上 辻 清 大阪市北区中之島3丁目3番22号 関西電力株式会社内
⑰発 明 者 後 藤 平 四 郎 横須賀市長坂2丁目2番1号 株式会社富士電機総合研究
所内
⑰出 願 人 関西電力株式会社 大阪市北区中之島3丁目3番22号
⑰出 願 人 富士電機株式会社 川崎市川崎区田辺新田1番1号
⑰代 理 人 弁理士 山 口 巖

明 細 書

1. 発明の名称 燃料電池発電設備の制御方式

2. 特許請求の範囲

1) 反応ガス系と、該系から反応ガスの供給を受けて発電作用を営む燃料電池と、該電池が発生する直流電力を受けて該電力を電力系統への給電に遇する交流電力の形に変換する電力変換装置を備えてなる燃料電池発電設備に対する制御方式であって、燃料電池から出力される電流値と発電設備から送出されないしは送出すべき電力値とを検出するとともに、該検出電流値から該検出値に対応して反応ガス系から燃料電池に供給すべき反応ガスの供給目標値と燃料電池から出力すべき電流目標値とをそれぞれ決定し、常時は該電流目標値に見合う反応ガス量を反応ガス系から燃料電池に供給させ、前記検出電力値に急変があった際には直ちに前記供給目標値に見合う反応ガス量を反応ガス系から燃料電池に供給させ、前記検出電流値が前記電流目標値と所定限度内で一致するに至った後に再び該電流目標値に見合う反応ガス量を反

応ガス系から燃料電池に供給させるようにしたことを特徴とする燃料電池発電設備の制御方式。

2) 特許請求の範囲第1項記載の方式において、電力値が電力変換装置の交流側で検出されることを特徴とする燃料電池発電設備の制御方式。

3) 特許請求の範囲第2項記載の方式において、電力値が交流電流値により代表されることを特徴とする燃料電池発電設備の制御方式。

4) 特許請求の範囲第1項記載の方式において、電力値が電力系統から燃料電池発電設備に与えられる給電電力指令値であることを特徴とする燃料電池発電設備の制御方式。

5) 特許請求の範囲第1項記載の方式において、反応ガスの供給目標値が該目標値に見合う弁開度の形で反応ガス系の制御弁に与えられることを特徴とする燃料電池発電設備の制御方式。

6) 特許請求の範囲第1項記載の方式において、電流目標値に見合う反応ガス量が該目標値からの検出電流値の制御偏差に基づいてPI制御されることを特徴とする燃料電池発電設備の制御方式。

7) 特許請求の範囲第1項記載の方式において、検出電流値と電流目標値との一致が検出される前に、供給目標値による反応ガス供給指令が反応ガス系に発せられた後の経過時間が設定時間値を超えたか否かがあらかじめ確かめられ、是の場合にのみ電流目標値に見合う反応ガス量を反応ガス系から燃料電池に供給させるようにしたことを特徴とする燃料電池発電設備の制御方式。

8) 特許請求の範囲第7項記載の方式において、設定時間が反応ガス系から燃料電池への反応ガスの供給のおくれ時間と同程度に選ばれることを特徴とする燃料電池発電設備の制御方式。

3. 発明の詳細な説明

【発明の属する技術分野】

本発明は、反応ガス系と、該系から反応ガスの供給を受けて発電作用を営む燃料電池と、該電池が発生する直流電力を受けて該電力を電力系統への給電に適する交流電力の形に変換する電力変換装置を備えてなる燃料電池発電設備に対する制御方式に関する。

この改質水素ガスを作るためのリフォーマに電池内で消費されなかった改質ガス中の水素が改質反応に必要なリフォーマ内の温度を得るため燃焼ガスとして供給されるので、この制御方式でも電池への反応ガス供給必要量が電池の出力電流に正確に比例するわけではないが、反応ガスが電池の出力電流値に見合う、すなわち該電流値により一義的に決まる量だけ電池に供給されることに変わりはない。

ところが、燃料電池をその負荷が急変するような条件、とくに前述のように電力系統に接続して該系統内で分担するないしは分担すべき発電能力が急変するような条件で燃料電池発電設備を運転して見ると、上述のような比較的単純な電流制御方式のみでは不十分なことがわかった。

第4図はかかる電流制御方式の燃料電池発電設備の構成を概括的に示すもので、図の中央の燃料電池1は正極すなわち燃料ガス電極1aと、負極すなわち酸化ガス電極1bと、両者に挟まれたりん酸電解液を保持するマトリックス層1cと、燃料ガス

【従来技術とその問題点】

近年、りん酸電解液を用い反応ガスとして炭酸ガスを含む改質水素ガスと空気とを用いる燃料電池が大形化されかつその運転信頼性がとみに向上するにつれて、この種の燃料電池と電力変換装置とを組み合わせた発電設備が電力系統の一環として計画される段階に達して来た。従来の燃料電池発電設備、とくに電力変換器を介して電力系統に接続されない設備は、その制御方式としては電池の反応ガス、とくに燃料ガスの利用効率を上げるためにいわゆる電流制御方式が採用されて来た。これは、燃料電池が発電のために消費する反応ガス、すなわち前述の改質水素ガス中の水素や空気中の酸素がほぼ正確に燃料電池の出力電流に比例するので、電池の出力電流値を検出して反応ガス系から燃料電池に供給される反応ガス量をこの検出値に見合うように制御することにより、発電に不必要な反応ガスが過剰に電池に供給されるようなことを極力防止する制御方式である。もっとも、燃料ガスとして改質水素ガスを用いる場合には、

室1dと、酸化ガス室1eとにより模式的に示されており、該燃料ガス室1dには反応ガス系2のリフォーマ2aによって改質された原燃料ガスPの改質ガスRPが供給され、電池1からのその排出燃料ガスEPはリフォーマ2a内で燃焼される。酸化ガス室1eには、このリフォーマ2aからの燃焼済み高温ガスによって駆動されるタービン2bによって運転される圧縮機2cによって圧縮された大気Aからの圧縮空気CAが供給され、その排出空気EAはリフォーマ2aにおいて助燃ガスとして利用される。燃料電池の電極1a, 1bからの発生電力は電力変換器3を介して電力系統8に電圧Vの交流電力Pとして給電される。

第4図で鎖線により示された電流制御方式の制御系は、電池1から電力変換器3への直流給電線中の電流検出器6と、調節器5と、反応ガス系2から電池1への反応ガス供給路に挿入された制御弁7a, 7bとによ略示されており、検出電流値Iに見合う燃料、酸化ガスが電池1に供給されるように両制御弁7a, 7bの開度を調節する。

第5図はかかる電流制御方式によって制御された発電設備の出力電力 P が同図(a)に示すように数秒程度のあいだに軽負荷状態から定格出力 P_0 までに急増されるあるいは逆に定格出力 P_0 が急速遮断されたときの時間経過を示すものである。同図(a)に示すように、検出電流値 I は出力急増開始点 t_0 から定格出力到達点 t_1 までのほぼ中間点において比較的大な電流ピーク I_p が記録されており、これに対応して同図(b)に示すように電池電圧 E にもほぼその開路電圧 E_0 から定格電圧 E_0 に下降する途中で、該定格電圧 E_0 よりも低い負のピーク値 E_p ないしはそのリップル変動 ΔE が観測される。一方、出力電力の急減開始点 t_2 から遮断完了点 t_3 までの電力減少時の経過は電力の変化率が電力増加時よりもふつうは大であるに拘らず、電池の電流、電圧 I 、 E とも正常である。

上述の時点 $t_0 \sim t_1$ までの電池の電流、電圧 I 、 E の経過をさらに詳しく追跡して見た結果、かかる経過は燃料電池の電流-電圧特性から予想される経過とは必ずしも一致しないことがわかった。

ピーク出現の原因は、第5図(a)に示す電池への供給ガス量 Q の時間経過を見ると、反応ガスの供給量の過渡的な不足にあることが明瞭である。電力急増点 t_0 以降の反応ガス供給量 Q の立ち上がりには2~3秒程度ではあるがおくれ時間が明らかに認められ、その後急速に増加して一旦ピーク値に達した後下降して定格時の供給量 Q_0 に落ち付いている。図示のように反応ガス供給量 Q の経過から見て、傾線で示された供給必要量の経過に比べて不足期間 T_d と過剰期間 T_s が存在し、これから判断すると電流制御系のゲインは決して不足ではないが、第4図の制御弁 $7a$ 、 $7b$ に開度増指令を出しても実際の反応ガス供給量 Q が立ち上がるまでに時間を要することがおくれの主因であることが推測される。また、出力急減開始時点 t_2 以降の経過を見ると、供給量 Q の立ち下がりのおくれのためかなりの供給量の過剰期間 T_s が存在し、同図(a)、(b)から見られるように電流-電圧 I 、 E から見る限り前述のようにとくに問題はないが、該過剰期間 T_s 中に反応ガスが利用されずに電池から排出されて

すなわち、とくに前述の第5図(a)に示す電流ピーク値 I_p 付近において、同図(b)の負の電圧ピーク E_p は電池の電流-電圧特性から予測される値よりもやや低く、電池がもつ電圧降下特性が正規の場合よりも悪化していることがわかる。かかる現象は、従来の電力系統に接続されなかった発電装置では見られなかったことであり、電力変換器3が系統8からの電力増の要求に忠実に応じて供給電力を系統のもつ安定した一定電圧 V の下で所定速度で増加させるよう動作し、電池のもつ実力よりは余分に電池から電流を引き出した結果と考えられる。もちろん、かかるむしろ異常な電圧降下状態は電池にとって望ましい状態ではなく、かかる状態が長く継続しあるいは繰り返されれば電池特性が次第に劣化して行くおそれもありとしない。また、電力の増加速度をこの例よりもさらに上げることが要求される場合には、電力変換器と電流の双方の能力を合わせても要求に応じ得なくなる限界が予測される。

さらに電池の電流、電圧の時間経過におけるビ

しまっていることがわかる。

【発明の目的】

本発明の目的は、前述のような従来技術のもつ欠点を克服して、電流制御方式が本来もつ反応ガスの利用効率が低い利点を維持しながら、出力急増の過渡時においても電池に対する反応ガスの供給おくれが少なく、従って電力急増の要求に応じうる燃料電池発電設備の制御方式を得ることにある。また、本発明の他の目的は、電力急減時における反応ガスの利用上のむだを極力排除することにある。さらに本発明の副次的な目的は、前述の目的達成によって出力の増減が頻繁な燃料電池発電設備に本質的に適する制御方式を得ることにある。

【発明の要点】

本発明によれば、前述の目的は冒頭記載の制御方式を、燃料電池から出力される電流値と発電設備から送出されるないしは送出すべき電力値とを検出するとともに、該検出電流値から該検出値に対応して反応ガス系から燃料電池に供給すべき反

応ガスの供給目標値と燃料電池から出力すべき電流目標値とをそれぞれ決定し、常時は該電流目標値に見合う反応ガス量を反応ガス系から燃料電池に供給させ、前記検出電力値に急変があった際には直ちに前記供給目標値に見合う反応ガス量を反応ガス系から燃料電池に供給させ、前記検出電流値が前記電流目標値と所定限度内で一致するに至った後に再び該電流目標値に見合う反応ガス量を反応ガス系から燃料電池に供給させるように構成することにより、設備費をほとんど上昇させることなく達成される。

上述の構成からもわかるように、本発明の制御方式では電流制御方式が基調とされており、それが本来もつ利点が最大限に生かされるので、本質的に反応ガスの利用率が高く、従ってエネルギー変換効率を高く維持できる。電池出力の急変、とくに急増時には、給電目標値に見合う反応ガスの供給値を直ちに定めて反応ガス系に指令値、望ましくは制御弁の開度指令値として与えるので、電池への反応ガスの供給おくれは最小限に抑えられる。

利用率の一時的な低下を起こす可能性はあるが、幸い電池の反応ガスの必要量が大、ないしは増加しつつあるので、以後の電流制御期間T1内でそのかなりの部分が有効利用される。反面、電力の急減時には第6図に示すように供給促進期間T1内における反応ガスの過剰量は電流制御方式の場合と比べて無視できる程度に少なくなり、反応ガスの利用率を上げることができる。

【発明の実施例】

以下本発明による燃料電池発電設備の制御方式の実施例を図を参照しながら詳細に説明する。

第1図は本発明方式を採用した燃料電池発電設備の系統図であって、図の上方中央に燃料電池10が一部断面斜視図で簡略に示されている。周知のように、燃料電池10は単電池10を多数個縦方向に積み重ねた方形柱状の直列接続積層体であり、その4個の側面には反応ガス給排用のマニホールド14~17が取り付けられ、上下の端面には電極板12、13が正負の電極端子として配設され、これらから電池の発生電力が図の右方に開閉器18を介して引

すなわち、従来の電流制御方式では第2図に示すように電力の急増開始点10以降の少時は電池電流Iの増加率が電力の増加率とほぼ同程度であり、従って反応ガス系に対する供給量指令値もこれに応じて漸増されていたのに対し、本発明方式の場合にはこの指令値ないしは目標値を一挙に引き上げることができるので、それだけ反応ガスの供給量の立ち上がりが第6図に例示するように早められる。換言すれば、本発明方式では電力の急激な立ち上がり時において、第6図に示すように反応ガスの供給促進期間T1、いわば一時的な反応ガスの供給過剰時期を意図的に作って、反応ガスの供給不足期間が極力生じないようにする。この際、反応ガスが一時的に過剰に供給されても、燃料電池の特質として電力系統が必要とする以上の電力ないしは電流を発生することはないから、電流値の経過が異常上昇を示すような事態は生ぜず、従って電池電圧も電池のもつ正規の電流-電圧に従って所定値、例えば定格電圧値に円滑に移行、静定する。もっとも、上述の供給過剰は反応ガスの

き出される。

電池10の左方に示された反応ガス系20は、燃料ガス系と酸化ガス系とからなる。燃料ガス系においては改質水素ガス源としてのリフォーマ21の改質触媒管21aに、図の左方から天然ガス等の原料ガスFが制御弁72と脱硫器22を介して水蒸気Wとともに導入され、リフォーマ21内の高温下で水素と一酸化炭素等の混合ガスに改質される。該混合ガスはリフォーマ21からコンバータ23に入り、該コンバータ23内で一酸化炭素が炭酸ガスに変換されて改質水素ガスRFとなり、制御弁71を介して電池10の燃料ガス供給マニホールド14に水素と炭酸ガスとの混合ガスの形で供給される。改質水素ガスRFは電池10内を図の左方から右方に通過するにつれて、その中の水素ガスが消費されるが、電池内で消費されなかった水素ガスは炭酸ガスとともに燃料ガス排出マニホールド15から排出燃料ガスEFとして排出され、リフォーマ21のバーナ21bに供給されてリフォーマ21内で燃焼されてその改質触媒管21aを反応温度に加熱維持する。

酸化ガス系においては、前述のリフォーマ21からの燃焼済み高温ガスHGにより駆動されるタービン24に圧縮機25が供給されており、該圧縮機25により大気Aが制御弁74を介して吸入され、圧縮ガスCAとなって制御弁73を介して酸化ガス導入マニホールド16に供給される。電池10からの排出空気BAは酸化ガス排出マニホールド17から電池外に出て、リフォーマ21の助燃ガス導入口21cに供給される。

以上の反応ガス系20には、上述のほかに反応ガスの加熱、冷却用の熱交換器ないしは凝縮器類が挿入されるが、本発明に関係が少ないので図からは一切省かれている。ただし、これらの熱交換器類は、ガス配管とともに反応ガス系20から電池10への反応ガスの供給上は時間おくれ要素として作用する。

電力変換装置30は、この例ではインバータ31、その制御器32および変圧器33からなっており、電池10からの直流発電出力を高圧の三相交流電力に変換して図の右方の図示されていない電力系統に

給電する。燃料電池発電設備に対する電力指令PSは該電力系統の制御部から例えば図示のようにインバータ31の制御器32に与えられ、設備から出力すべき電力値等がこれによって指定され、インバータ制御器32はこれを受けてこれに必要なインバータの点弧角制御等を行う。

本発明方式を実施するための制御系は、計算機部40と調節器部50と検出部60と制御操作部70とからなり、計算機部40は検出部60からの検出値を受けて、これから制御目標値を定めて調節器部50に与え、調節器部50はこれを受けて制御操作部70に制御指令を発する。調節器部50の動作のためには、通常のように燃料電池10と反応ガス系20内の要所の反応ガスの流量や圧力等を検出して実際値を得る必要があるが、簡略になるので第1図からは一切省かれている。

検出部60は交流側と直流側に分けて図示されており、交流側の電流検出器61と電圧検出器62とは、図示のように変圧器33の出力側に置いてもよく、インバータ31と変圧器33との間に置いてもよい。

乗算器63は電流、電圧検出器61, 62からの検出値をベクトル的に乗算して交流電力値WAを算出するもので、切換スイッチ64は電力指令PSに含まれる指定電力値WSとこの交流電力値WAとのいずれかを選んで計算機部40に与えるためのものである。検出部60の直流側は電池の出力電流値を検出する電流検出器65と、この電流検出器65からの検出電流値と電池の出力電圧値を入力して直流電力WDを算出する乗算器66とからなる。

出力電力WA, WDの急増時に反応ガス供給の立ち上がりを促進する上では、電力増加の傾向をいち早く捕える必要があり、この意味では電力指令PSの指定電力値WSが最も早い出力増加情報であり、ついで交流電力値WAが早く、直流電力値WDが最もおそい情報になる。この内交流電力値WAと直流電力値WDとはかかる遅延の点で大差がないように一見思えるが、反応ガスの供給の立ち上がりは一秒を争うので実用面では大差がある。インバータ31は電池電流I以外の電流を生じるものではないが、公知のようにインバータ31の回路内には鎮線で示

されたキャパシタンス31aがあり、また交流電力値WAを変圧器33の出力側で検出する場合には変圧器33内のインダクタンス33aがあるので、交流電力値WAは直流電力値WDよりも制御上の意味合いではかなり早く立ち上がる。従って、本発明方式の効果を発揮する上では、いわば二次情報である直流電力値WDよりは、原情報としての交流電力値WAを検出部60からの検出値として用いるのが望ましい態様である。切換スイッチ67はかかる選択をするためのもので、スイッチ67から指定電力値WS、交流電力値WA、直流電力値WDのいずれかがAD変換器45aを介して計算機部40に与えられる。一方、前述の電流制御のために必要な電流検出器65からの電池電流値Iは、AD変換器45bを介して計算機部40に与えられる。

計算機部40は公知のようにCPU41と、該CPUにアドレス、データ両バス42を介して結ばれたROM43、RAM44を含み、検出部60とは入力ポート45を介して、調節器部50とは出力ポート46を介して結合されている。

調節器部50は計算機部40からDA変換器46a, 46b等を介して制御目標値や制御指令を受け取る。制御操作部70が燃料、酸化両ガス系について反応ガス系20のそれぞれ入口、出口側に制御弁71~74を有するので、調節器部50はこれに応じて4個の調節器51~54を含み、この内の1個の調節器51の内部回路が第2図に例示されている。第2図に示すように、調節器51はDA変換器46aから流量目標値Qを受け、一方図示されていない改質燃料ガスRFの流量検出器から流量実値Qiを受け、両値間の制御偏差が演算器51aで作られ、電流制御方式用のPI演算器51cに与えられる。また、流量目標値Qは比例演算器51dにも直接与えられている。切換スイッチ51dは計算機部40からの切換指令SWにより操作されるスイッチであって、図の上方に切り換えられたときには電流制御時の操作指令が、下方に切り換えられたときには反応ガスの供給促進時の操作指令が制御弁71に与えられる。また、比例演算器51dへの入力としては、場合により図の横線で示したように演算器51bにより目標

値Qからの実値Qiの制御偏差を与えてもよいことはもちろんである。なお、残余の調節器52~54についても、第2図とほぼ同様に構成してよいが、反応ガス系20の入口側と出口側とで目標値がおのずから違ってくることはもちろんである。また調節器51~54から制御弁71~74に与えられる操作指令、とくに反応ガスの供給促進時のタイミングは、燃料電池10に近い方の制御弁71, 73に対する操作指令を優先し、制御弁72~74に対する操作指令はこれと同時にないしはこれより若干遅れて与えられる。

以上により本発明方式による制御系の構成の説明を一通り終えたので、つぎに第3図を参照しながらその動作を説明する。同図は計算機部40が行う制御上の主要動作のフロー図であって、同図の左側の列のフローが電流制御動作時のフローを、中央と右側の列のフローが反応ガス供給促進動作時のフローを示している。またこの場合、検出部60の切換スイッチ64, 67は図示の選択位置にあるものとする。

電流制御動作中のステップS1では電力目標値Pの関数 $F(P)$ として電流目標値Iaが決定される。この電力目標値Pは例えば前述の指定電力値WSであり、あるいは検出電力値WAまたはWDであってもよい。また関数 F の形は燃料電池10のもつ電流-電圧特性から計算され、この特性は電圧垂下特性として知られている一般には非線形であるから、かかる非線形特性をRAM44内にあらかじめ記憶させておくのが望ましい。電流目標値Iaは従来のようにインバータ31の制御器32に与えて、制御器32によって電池電流Iが目標値Iaに等しくなるように制御させることができる。次のステップS2では電流目標値Iaに見合った反応ガスの流量目標値Qが関数 $f(Ia)$ によって決定される。この目標値Qは前述のようにほぼ電流目標値Iaに比例するが、厳密には反応ガス系20の特性を考慮して決められる。つづくステップS3では電力目標値Pが定数P0として記憶される。電力目標値Pは随時更新されるので、ステップS4では該目標値Pを読み込み、ステップS5でこの読み込み値と記憶された定数P0

との差の大きさ ΔP が計算される。

つづくステップS6は電力の急変か否かの判定ステップであり、あらかじめ設定されたしきい値 Pth よりも電力目標値Pの変化幅 ΔP が大であるか否かが判定される。否、すなわち ΔP が小であればフローはステップS7に移り、ここでは変化幅 ΔP が前よりも小さなしきい値 Pth よりも大か否かが判定される。すなわち、このステップS7では電流制御の電力目標値Pを更新すべきか否かが判定され、変化幅 ΔP が小さな方のしきい値 Pth を越えない程度であれば電力目標値P従って前述の定数P0を更新する要がないものとしてフローをステップS4に返えし、ステップS4~S7のフローを繰り返す。変化幅 ΔP がしきい値 Pth より大であれば、電力目標値を更新する必要があるものと判断して動作フローを最初のステップS1に返えし、該ステップS1は電流目標値Iaを、ステップS2で反応ガスの供給目標値Qを更新し、ステップS3で定数P0に新しい電力目標値Pをセットする。すなわち、電流制御状態のステップS1~S7では電力目標値Pの急

変があるか否かをステップS6で監視しながら、かつ電力目標値P、電流目標値Iaおよび反応ガス供給量目標値を必要に応じて逐次更新しながら電流制御動作を継続し、発電設備を高い効率で運転する。

ステップS6において電力目標値Pに急変ありと判定されると、動作フローは直ちにその右方の列に示す反応ガス供給促進動作フローに移る。その最初のステップS8では、急変後の新しい電力目標値Pの関数fpとして反応ガス供給量目標値Qが設定され、前述のようにこの目標値Qが調節器51～54に与えられる。もちろん、この目標値Qは調節器51～54に対して同一の値が与えられるのでは決してなく、改質水素ガスRP、原燃料ガスP、圧縮空気CAおよび大気からの取り入れ空気Aに対してそれぞれ別個の設定値が与えられる。また、関数fpの形も一般には非線形であることはもちろんであり、その実際の算出プロセスとしては前のステップS1、S2におけると同様に目標電力量Pから目標電流値Iaをまず算出し、ついでこの目標電流値

Iaから反応ガス供給量Qを算出することでよいのももちろんである。ステップS8に引き続いてあるいは同時にステップS9が実行され、調節器51等の制御切換スイッチ51e等に切換指令SWSが例えば論理値「1」の形で発しられる。これによって調節器51～54は供給量促進動作に切り換わって、それに応じた操作指令がそれぞれ制御弁71～74に与えられ、反応ガスの供給促進が直ちに開始される。

つづくステップS10では、反応ガスの供給促進開始後の経過時間tをカウントするために時間変数tに0値がセットされ、ステップS11では単位時間Δtが増分され、この動作が次のステップS12において時間tがあらかじめ設定された時間tdを超えるまで繰り返される。この設定時間tdとしては、ふつうは反応ガス系20内の反応ガスの供給おくれ時間と同程度に選ぶのが望ましいが、前に第5図で例示したような電池電流と電池電圧とに不整波形が生ぜずば直線状に推移するように、該おくれ時間から適宜前後させて選定する

のが実際面では最も望ましい。この設定時間tdの経過後動作フローはさらにその右方に示す列の電流値整定確認動作フローに移る。

この最初のステップS13では急変後の電力目標値Pに見合う電流目標値Iaが前のステップS1と同様に決定され、次のステップS14で電流検出器65で検出された電池電流の検出電流実際値Iとの差の大きさがステップS15で算出される。判定ステップS16において、電流実際値Iがあらかじめ設定された電流しきい値Ithの範囲内でまだ電流目標値Iaと一致しないことがわかればフローはステップS14に戻るが、実際値Iが目標値Iaにほぼ一致するよう整定したことがわかれば、フローはステップS17に移り切換指令SWSに論理値「0」が与えられて、これに基づいて調節器51～54が電流制御状態に戻される。ついで動作フローは電流制御動作フロー中のステップS2に移行されて発電設備は電流制御状態に戻される。なお、以上の説明においては、ステップS6において電力目標値23Pに急増が検出され、第3図中央列の動作フ

ローが反応ガス供給促進動作をする場合について述べたが、前にステップS6において電力目標値Pに急減が検出された場合には、該中央列の動作フローはそのまま反応ガス供給抑制動作をすることは明らかである。また、電力目標値Pについても、第1図の切換スイッチ64ないしは67が図示とは反対側の位置におかれた場合には、以上説明の指定電力値WSのかわりに検出電力値WAないしはWDを電力目標値にすることができるとも明らかである。

以上説明した実施例のほかに、本発明方式はその構成面と動作面についてその要旨内において種々の態様で実施をすることができる。例えば計算機部40は電力目標値Pに対して非線形の関係で電流目標値Iaや反応ガス供給量目標値Qを決めるに便利な手段ではあるが、これに限らず関数発生回路や論理ゲート類を組み合わせて、同様のあるいは単純化された機能をもつ回路群で置き換えることができる。また調節器部50のもつ機能についても、何も前述のPI動作や比例動作に限ることなく、電池10と反応ガス系20のもつ特性に合わせて適宜

にその制御上の動作特性を選択すべきものである。さらに制御操作部70についても、その操作点は反応ガス系20の入口、出口側に限らず、燃料、酸化阿ガス系内の少なくとも各1点に設けられればよく、その制御手段も制御弁に限らず適宜な選択が可能である。その制御対象量としても反応ガス流量 Q を制御できる量であれば、反応ガス系内の圧力等の量で置き換えてもよいのはもちろんである。

【発明の効果】

以上説明のように本発明においては、反応ガス系と、該系から反応ガスの供給を受けて発電作用を営む燃料電池と、該電池が発生する直流電力を受けて該電力を電力系統への給電に適する交流電力の形に変換する電力変換装置を備えてなる燃料電池発電設備に対する制御方式として、燃料電池から出力される電流値と発電設備から送出されないしは送出すべき電力値とを検出するとともに、該検出電流値から該検出値に対応して反応ガス系から燃料電池に供給すべき反応ガスの供給目標値

と燃料電池から出力すべき電流目標値とをそれぞれ決定し、常時は該電流目標値に見合う反応ガス量を反応ガス系から燃料電池に供給させ、前記検出電力値に急変があった際には直ちに前記供給目標値に見合う反応ガス量を反応ガス系から燃料電池に供給させ、前記検出電流値が前記電流目標値と所定限度内で一致するに至った後に再び該電流目標値に見合う反応ガス量を反応ガス系から燃料電池に供給させるように構成したので、本質的に反応ガスの利用率、従ってエネルギー変換効率が高い電流制御方式がもつ利点を最大限に生かしながら、電力供給量の急変、とくに急増時に電池への反応ガスの供給のおくれを最低限に抑えて、その制御動作を電力供給面からの要請に応じながら電池に無用な過渡的過負荷が掛からないように最適化することができる。従って、本発明による制御方式は出力増減の回数が比較的多い場合にも燃料電池発電設備の制御に本質的に適し、本発明の上記構成のもつ効果により発電設備から給電の立ち上がり時間を従来より短縮する要求にも応じるこ

とを可能にする。また、本発明方式は給電量が低減される場合にも、設備に無用に供給される反応ガス量を実用上無視できる程度に減少させる効果をも有する。

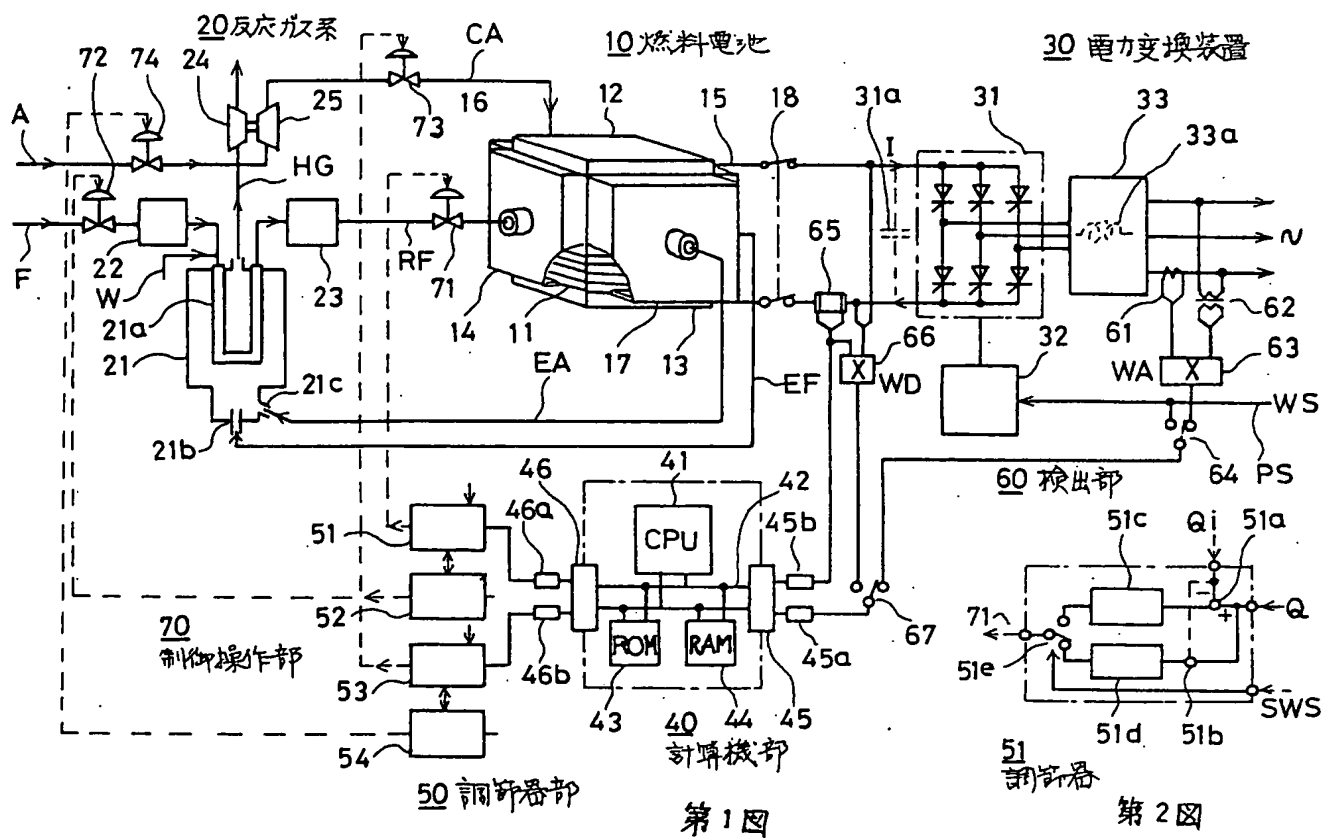
このように、本発明方式は燃料電池発電設備を高い効率で運転しかつ給電量の急変の事態ないしは要請に容易に応じうる制御方式を提供するものである。

4. 図面の簡単な説明

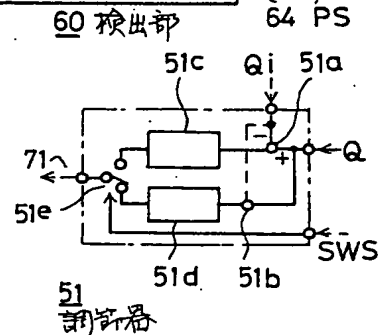
第1図は本発明による燃料電池発電設備の制御方式の最良実施例を示す設備の全体系統図、第2図は該第1図中の調節器50の構成を調節器51について例示する回路図、第3図は第1図中の計算機部50の動作を中心に設備全体の制御動作を説明する動作フロー図、第4図は従来技術例としての電流制御方式の燃料電池発電設備の概括系統図、第5図は該第4図の構成の発電設備における主要な制御量および被制御量の時間的経過を例示する波形図、第6図は本発明方式を採用した発電設備内の被制御量の例として反応ガス供給量の時間的経

過を示す波形図である。図において、

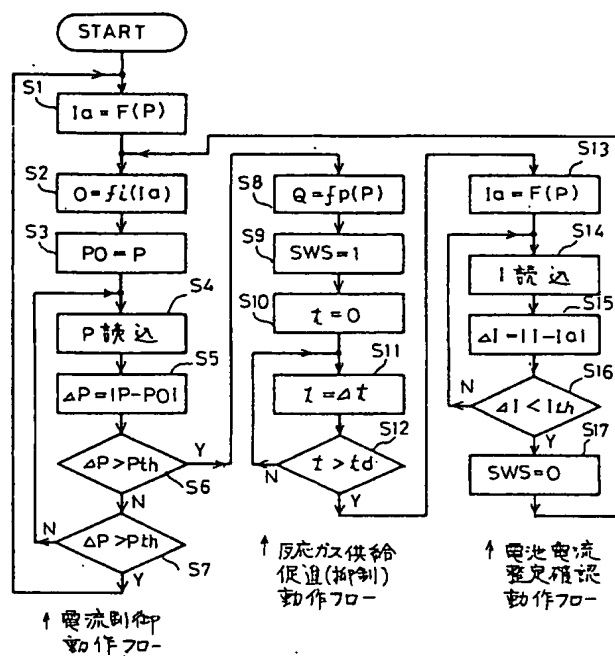
10：燃料電池、20：反応ガス系、30：電力変換装置、40：制御系の構成要素例としての計算機部、50：制御系の構成例としての調節器部、51～54：調節器、51a：制御切換スイッチ、60：検出部、61,65：電力値検出手段中の電流検出器、62：電力値検出手段中の電圧検出器、63,66：電力値検出手段としての乗算器、64,67：電力目標値 P の選択手段としての切換スイッチ、70：反応ガス系20に対する制御操作部、71～74：制御操作手段例としての制御弁、CA：酸化側反応ガスとしての圧縮空気、I：電池電流、Ia：電流目標値、 P ：電力目標値、 Q ：反応ガスの供給目標値例としての反応ガス流量、RF：燃料側反応ガスとしての改質水素ガス、WA：電力目標値例としての検出交流電力値、WD：電力目標値例としての検出直流電力値、WS：電力目標値例としての指定給電電力値、である。



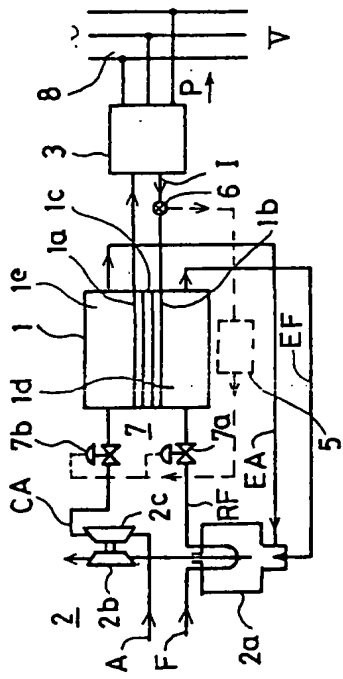
第1図



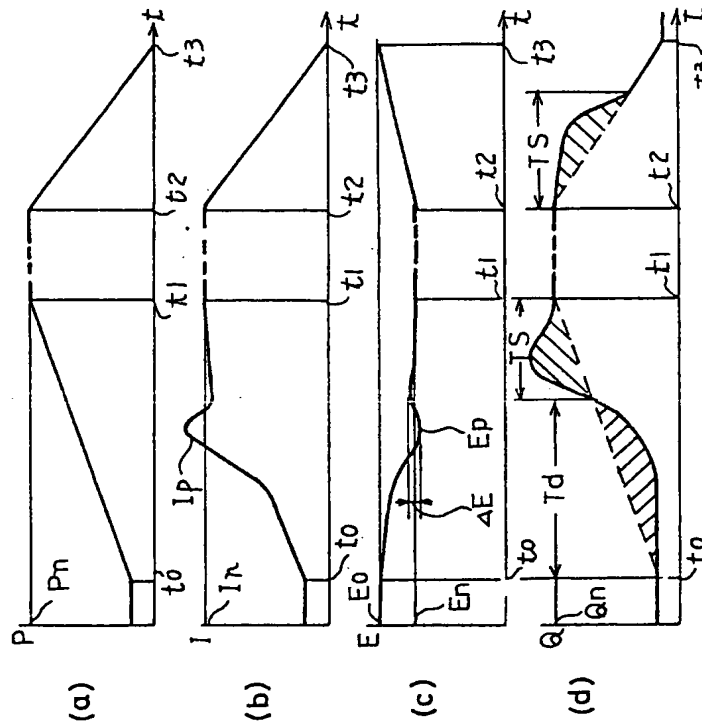
第2図



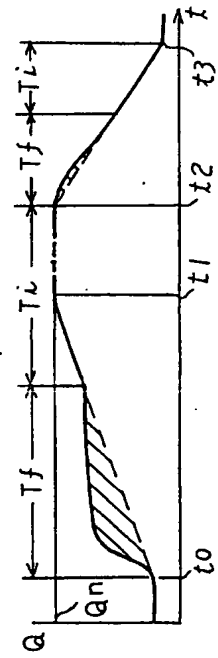
第3図



第4図



第5図



第6図